



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RF 141501

PEMODELAN LAPISAN BERKECEPATAN TINGGI DENGAN METODE SEISMIK INTERFEROMETRI: STUDI KASUS AREA VULKANIK MAJALENGKA

MARIA JULIANA GULTOM
NRP 0341144000058

Dosen Pembimbing
Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1 001
Firman Syaifuddin, S.Si., M.T.
NIP. 19840911 201404 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RF 141501

**PEMODELAN LAPISAN BERKECEPATAN TINGGI
DENGAN METODE SEISMIK INTERFEROMETRI:
STUDI KASUS AREA VULKANIK MAJALENGKA**

MARIA JULIANA GULTOM
NRP 3714100058

Dosen Pembimbing
Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1 001
Firman Syaifuddin, S.Si., M.T.
NIP. 19840911 201404 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

UNDERGRADUATE THESIS - RF 141501

***HIGH VELOCITY LAYER IMAGING USING SEISMIC
INTERFEROMETRY METHOD: CASE STUDY
VOLCANIC AREA MAJALENGKA***

MARIA JULIANA GULTOM
NRP 3714100058

Thesis Advisors

Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1 001
Firman Syaifuddin, S.Si., M.T.
NIP. 19840911 201404 1 001

***GEOFYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environment and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018***

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PEMODELAN LAPISAN BERKECEPATAN TINGGI DENGAN METODE SEISMİK INTERFEROMETRI: STUDI KASUS AREA VULKANİK MAJALENGKA

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

Surabaya, 24 Juli 2018

Menyetujui,



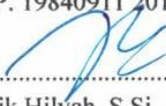
1. Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1 001

(Pembimbing I)



2. Firman Syaifuddin, S.Si., M.T.
NIP. 19840911 201404 1 001

(Pembimbing II)



3. Anik Hilyah, S.Si., M.T.
NIP. 19790813 200812 2 002

(Penguji I)

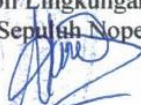


4. Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si.
NIP. 19591010 198803 1 002

(Penguji II)

Mengetahui,

**Kepala Laboratorium Petrofisika
Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**



**Wien Lestari, S.T., M.T.
NIP. 19811002 201212 2 003**



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan **“PEMODELAN LAPISAN BERKECEPATAN TINGGI DENGAN METODE SEISMIC INTERFEROMETRI: STUDI KASUS AREA VULKANIK MAJALENGKA”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 24 Juli 2018

Maria Juliana Gultom

NRP. 3714100058

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PEMODELAN LAPISAN BERKECEPATAN TINGGI DENGAN METODE SEISMIK INTERFEROMETRI: STUDI KASUS AREA VULKANIK MAJALENGKA

Nama : Maria Juliana Gultom
NRP : 3714100058
Departemen : Teknik Geofisika
Pembimbing : Dr. Widya Utama, DEA
Firman Syaifuddin, S.Si., M.T.

ABSTRAK

Metode seismik masih terbatas dalam menggambarkan lapisan bawah permukaan di area vulkanik karena gelombang seismik tidak mampu menembus lapisan berkecepatan tinggi sehingga menghasilkan *signal to noise ratio* (SNR) yang rendah. Dengan menggunakan seismik pasif yang memanfaatkan *ambient noise* sebagai sumber gelombang seismik, telah dikembangkan suatu metode untuk menghasilkan gambaran bawah permukaan yang lebih baik, yaitu seismik interferometri. Seismik interferometri mengkorelasi-silangkan sinyal gelombang seismik yang terekam pada geofon satu dengan geofon yang lainnya untuk mendapatkan suatu *virtual source*. Dalam penelitian ini, ada 27 *virtual source* yang dihasilkan. Jarak antar *virtual source* adalah 200 m. Selanjutnya, *virtual source* tersebut dinormalisasi dan difilter menggunakan *bandpass filter* untuk menghilangkan *noise* yang tidak diinginkan pada data seismik. Penentuan nilai rentang frekuensi dilakukan dengan menganalisa amplitudo seismik yang dominan pada spektrum frekuensi. Sebanyak empat nilai rentang frekuensi yang berbeda dipilih untuk memfilter sinyal seismik tersebut, yakni 3-20 Hz, 10-30 Hz, 20-40 Hz, dan 30-50 Hz. Nilai rentang frekuensi yang menghasilkan sinyal seismik yang terbaik dari keempat nilai frekuensi tersebut adalah 3-20 Hz karena kemenerusan *event* refraksi lebih terlihat jelas daripada frekuensi yang lainnya. Pemilihan frekuensi filter yang lain dapat dilakukan untuk mendapatkan data seismik yang lebih baik dari pada data seismik hasil filter dengan frekuensi 3-20 Hz. Pengolahan data seismik dilanjutkan dengan menggunakan metode seismik refraksi untuk mendapatkan model kecepatan bawah permukaan daerah penelitian. Model kecepatan menunjukkan bahwa lapisan berkecepatan tinggi lebih dominan di bagian barat lintasan pengukuran dengan nilai kecepatan 2,4-3,9 km/s.

Kata Kunci: *area vulkanik, refraksi, seismik interferometri*

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

HIGH VELOCITY LAYER IMAGING USING SEISMIC INTERFEROMETRY METHOD: CASE STUDY VOLCANIC AREA MAJALENGKA

Name : Maria Juliana Gultom
NRP : 3714100058
Department : Geophysical Engineering
Thesis Advisors : Dr. Widya Utama, DEA
Firman Syaifuddin, S.Si., M.T.

ABSTRACT

Seismic method still limited in imaging subsurface layers in the volcanic area because seismic waves are unable to penetrate the high velocity layer resulting in a low signal to noise ratio (SNR). By using passive seismic that utilizes ambient noise as seismic wave sources, a method has been developed to produce a better subsurface imaging called seismic interferometry. Seismic interferometry cross-correlates recorded seismic wave signal on one geophone to another to obtain a virtual source. In this study, there are 27 virtual sources produced. The distance between virtual source is 200 m. Furthermore, virtual sources are normalized and filtered using bandpass filter to remove unwanted noise effects from seismic data. Determination of bandpass filter bandwidth is done by analyzing the dominant seismic amplitude in the frequency spectrum. A total of four different bandwidths were selected to filter the seismic signal, those are 3-20 Hz, 10-30 Hz, 20-40 Hz, and 30-50 Hz. From those four frequencies, the bandwidth of 3-20 Hz resulted the best seismic signal because the trend of refraction event is more visible than the others. Choosing another frequency can be done to get better seismic data than seismic data that are filtered using 3-20 Hz. Seismic data processing is continued by using seismic refraction method to obtain subsurface velocity model of research area. The velocity model indicates that the high velocity layer is more dominant in the western part of the research area with velocity of 2.4-3.9 km/s.

Keywords: volcanic area, refraction, seismic interferometry

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Allah Yang Maha Kuasa karena berkat dan kasih karunia-Nya laporan tugas akhir yang berjudul “**Pemodelan Lapisan Berkecepatan Tinggi dengan Metode Seismik Interferometri: Studi Kasus Area Vulkanik Majalengka**” dapat diselesaikan dengan baik.

Penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari doa, bimbingan, dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu, khususnya:

1. Papa, Mama, Kakak Martha, Abang Deddy, Kakak Lena, dan keluarga yang setia mendukung, mendoakan, dan memberi nasihat selama mengerjakan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Widya Utama, DEA dan Bapak Firman Syaifuddin, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah menyediakan waktunya untuk membimbing, memberikan ide, dan mengajari saya dengan sepenuh hati.
3. Bapak Mariyanto dan Ibu Anik Hilyah selaku dosen penguji yang turut membantu saya memberikan ilmu dan nasihat.
4. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Geofisika ITS yang banyak membantu dalam akademik, administrasi, dan penyediaan fasilitas selama studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
5. Bapak Alpius Dwi Guntara, Gilang Wiranda, M. Irsyad H., Mas Rohman Mas Triswan, dan Mas Fikri yang telah membantu memberikan ilmu dan ide tentang metode yang digunakan dalam tugas akhir ini.
6. Christi, Erica, Tara, dan Bidara atas doa, nasihat, dan dukungannya selama mengerjakan tugas akhir ini.
7. Seluruh teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2014 atas dorongan dan bantuannya, serta Mas/Mba dan adik-adik angkatan 2013, 2015, 2016, dan 2017 atas doanya.
8. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai pembelajaran untuk lebih baik lagi. Semoga Laporan Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi kita semua.

Surabaya, 24 Juli 2018

Maria Juliana Gultom

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan Proposal	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu	3
2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian.....	3
2.2.1 Fisiografi.....	3
2.2.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian	4
2.3 Seismik Interferometri	7
2.4 Filter Seismik.....	9
2.5 Seismik Refraksi.....	9
2.6 Kecepatan Gelombang Seismik Batuan.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Peralatan dan Data	13
3.1.1 Perangkat Keras	13
3.1.2 Perangkat Lunak	13
3.1.3 Data	13
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	14
3.3 Langkah Kerja	15
3.3.1 Tahap Persiapan.....	15
3.3.2 Tahap Pengolahan Data	16
3.3.3 Tahap Analisa Hasil.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Analisa Data	19
4.2 Analisa Hasil Korelasi Silang dan Filter.....	21
4.3 Analisa Hasil Inversi Tomografi	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33

5.1. Kesimpulan..... 33

5.2. Saran 33

DAFTAR PUSTAKA 35

LAMPIRAN 37

PROFIL DIRI 41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta geologi daerah penelitian dengan modifikasi	7
Gambar 2.2 Ilustrasi 1D interferometri gelombang langsung	8
Gambar 2.3 Rentang frekuensi bandpass filter	9
Gambar 2.4 Gelombang seismik saat mengenai bidang batas lapisan	10
Gambar 2.5 (a) Akusisi seismik Refraksi; (b) Kurva waktu tempuh gelombang seismik terhadap jarak	11
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	14
Gambar 3.2 Skema kerja pemformatan ulang data	15
Gambar 3.3 Skema kerja penyeleksian data	16
Gambar 3.4 Tampilan jendela perintah <i>SelData</i>	16
Gambar 3.5 Tampilan beberapa informasi geometri area penelitian	17
Gambar 3.6 Posisi geofon di atas permukaan air laut.....	18
Gambar 4.1 Pengukuran seismik pasif Majalengka	19
Gambar 4.2 Tampilan data seismik mentah.....	20
Gambar 4.3 Ilustrasi perekaman data seismik menggunakan 3 variasi geofon. 20	
Gambar 4.4 Tampilan data seismik setelah diseleksi menjadi 265 trace	21
Gambar 4.5 Geometri survei seismik.....	21
Gambar 4.6 Spektrum frekuensi sebelum filter	22
Gambar 4.7 Spektrum frekuensi setelah bandpass filter 3,5,15,20 Hz	23
Gambar 4.8 Spektrum frekuensi setelah bandpass filter 10,12,28,30 Hz	23
Gambar 4.9 Spektrum frekuensi setelah bandpass filter 20,23,35,40 Hz	24
Gambar 4.10 Spektrum frekuensi setelah bandpass filter 30,35,45,50 Hz	24
Gambar 4.11 Spektrum frekuensi data seismik	24
Gambar 4.12 Hasil filter bandpass 1 pada <i>virtual source</i> ke-82	26
Gambar 4.13 Hasil filter bandpass 2 pada <i>virtual source</i> ke-82	27
Gambar 4.14 Hasil filter bandpass 3 pada <i>virtual source</i> ke-82	28
Gambar 4.15 Hasil filter bandpass 4 pada <i>virtual source</i> ke-82	29
Gambar 4.16 Hasil picking first break pada virtual source ke-82.....	30
Gambar 4.17 Hodogram (atas) dan model Vp hasil inversi (bawah).....	31
Gambar 4.18 Model hasil interpretasi penampang Vp	31
Gambar 1. Jejak sinyal gelombang seismik	37
Gambar 2. Peta geologi lembar Arjawinanun	39

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kolom stratigrafi regional (Djuri, 2011).....	5
Tabel 2.2 Formasi batuan pada daerah penelitian	6
Tabel 2.3 Kecepatan gelombang seismik batuan	12
Tabel 3.1 Informasi data seismik pasif	13
Tabel 4.1 Rentang frekuensi filter	22

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Adanya rembesan minyak di suatu area merupakan suatu manifestasi yang menunjukkan keberadaan sistem *petroleum* aktif di daerah tersebut. Hal ini terjadi di area vulkanik di pulau Jawa salah satunya yaitu area Majalengka yang mengindikasikan adanya potensi hidrokarbon yang belum tereksplorasi (Asy'ari dkk., 2017; Satyana, 2015). Hal ini menjadi daya tarik bagi perusahaan minyak dan gas bumi untuk melakukan eksplorasi di daerah tersebut.

Salah satu metode geofisika yang digunakan dalam eksplorasi minyak dan gas bumi adalah metode seismik. Pada umumnya, akuisisi data seismik dibedakan menjadi dua berdasarkan sumber gelombang yang diukur yaitu seismik aktif dan seismik pasif. Seismik aktif menggunakan sumber buatan yang diketahui lokasi dari sumber tersebut sedangkan seismik pasif memanfaatkan sumber dari *ambient noise* (sumber yang tidak diketahui letak darimana sumber itu berasal) yang kemudian direkam oleh penerima yang ada di permukaan. Pemanfaatan *ambient noise* untuk seismik pasif berdampak pada resolusi data yang diperoleh relatif rendah dibandingkan dengan seismik aktif.

Metode seismik konvensional belum optimal dalam mendapatkan gambaran bawah permukaan daerah vulkanik (Bagus dkk., 2017; Ghazalli dkk., 2016; Satyana, 2015). Hal ini dikarenakan sinyal gelombang seismik tidak mampu menembus lapisan batuan vulkanik lebih dalam. Salah satu metode yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah seismik interferometri. Seismik interferometri dapat mengubah *noise* menjadi sinyal salah satunya dengan cara korelasi silang (*cross-correlation*) yang menghasilkan *virtual source* dari rekonstruksi *Green's Function* (Nakata dkk., 2011). Data seismik yang telah dikorelasi silang dinormalisasi dan difilter menggunakan untuk menghilangkan *noise* yang tidak diinginkan. Pada filter, perlu dilakukan analisa terhadap parameter yang digunakan untuk mendapatkan penampang seismik yang kemenerusan pola gelombang refraksinya lebih terlihat di posisi *virtual source* (Muhammad, 2017). Seismik interferometri juga dapat digunakan untuk memantau perubahan kecepatan di daerah vulkanik dari *ambient noise* yang ada (F. McKee, 2012). Karena metode ini tidak menggunakan sumber buatan, biaya operasionalnya lebih sedikit jika dibandingkan dengan seismik aktif. Data hasil pengolahan seismik interferometri kemudian diolah dengan seismik refraksi biasa untuk mendapatkan model kecepatan lapisan dangkal lokasi penelitian.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang timbul pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara mendapatkan lapisan berkecepatan tinggi (*high velocity layer*) bawah permukaan vulkanik dengan menggunakan metode seismik interferometri dari data seismik pasif?

2. Bagaimana menentukan parameter filter untuk mendapatkan *event* refraksi pada sinyal seismik?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Daerah pengolahan data seismik refraksi interferometri adalah Majalengka
2. Data seismik yang digunakan adalah data seismik 2D pasif berjumlah 28 data dari hasil perekaman *single geophone*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh model lapisan berkecepatan tinggi (*high velocity layer*) bawah permukaan lingkungan vulkanik dengan menggunakan metode seismik interferometri.
2. Menentukan parameter filter untuk mendapatkan *event* refraksi pada sinyal seismik.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapatkan dari pelaksanaan penelitian ini adalah memahami proses pengolahan data seismik pasif dengan metode seismik interferometri untuk memperoleh model lapisan berkecepatan tinggi bawah permukaan lingkungan vulkanik.

1.6. Sistematika Penulisan Proposal

Berikut ini adalah penjelasan tiap BAB dari proposal tugas akhir:

- BAB I Pendahuluan: berisi latar belakang, perumusan masalah beserta batasan masalah, tujuan dan manfaat dalam penelitian yang akan dilakukan.
- BAB II Tinjauan Pustaka: berisi tentang informasi geologi dan teori interferometri yang dibutuhkan dalam penelitian.
- BAB III Metode Penelitian: berisi langkah dan metode yang digunakan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir.
- BAB IV Analisa Data dan Pembahasan : berisi hasil yang diperoleh dari pengerjaan penelitian beserta analisa terhadap hasil tersebut yang dibahas dalam bahasa ilmiah.
- BAB V Kesimpulan dan Saran : berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang diberikan penulis berdasarkan penelitian yang dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai metode seismik interferometri telah dilakukan oleh Nur Rohman Muhammad (2017) dalam laporan tugas akhirnya. Penelitian tersebut membahas tentang aplikasi dan pemodelan seismik interferometri dengan memanfaatkan *ambient noise* atau noise acak. Muhammad melakukan pemodelan sintetik perlapisan sederhana dengan maksud untuk melihat efek dari *noise* acak terhadap model sederhana. Pemodelan sintetik dilakukan dengan membuat lapisan-lapisan yang semakin ke bawah nilai kecepatannya semakin besar. Pemodelan menghasilkan data seismik yang memiliki bentukan simpangsiur akibat dari *noise* acak. Kemudian dilakukan korelasi silang untuk mendapatkan *virtual source*. Penampang seismik yang telah dikorelasi silang menunjukkan adanya bentukan gelombang dengan kemenerusan di posisi *virtual source* dari bentukan gelombang yang semula acak. Selain itu, Muhammad mencoba mengaplikasikan seismik interferometri di lapangan pada kondisi *traffic noise* yang berbeda. Hasil pengolahan seismik interferometri adalah model V_p hasil pengolahan dengan seismik tomografi dan penampang seismik hasil pengolahan dengan seismik refleksi. Hasil pengolahan seismik tomografi menunjukkan nilai kecepatan yang lebih rendah dari hasil pengolahan dengan seismik refleksi, dan diperoleh penampang seismik yang kualitasnya lebih baik di kondisi *low traffic* (Muhammad, 2017).

Penelitian mengenai pengolahan data seismik pada daerah vulkanik pernah dilakukan oleh Bagus dkk (2017) dan Banuboro (2017). Dalam penelitian Bagus dkk diperoleh bahwa hasil pengolahan data seismik menunjukkan adanya fenomena seismik pada rentang waktu 1000-3500 ms dan hilang pada CDP 100-500 yang merupakan reflektor sub-vulkanik. Bagus menyatakan bahwa gelombang seismik tidak mampu menembus lapisan reflektor sub-vulkanik sehingga mengurangi kualitas data seismik yang diperoleh dari pengolahan data seismik konvensional. Dalam penelitian Banuboro, desain parameter akuisisi seismik di lingkungan vulkanik yang ada di Kabupaten Majalengka diperoleh. Penelitian tersebut dilakukan karena metode seismik memiliki keterbatasan dalam mencitrakan kondisi bawah permukaan di lingkungan vulkanik. Hasil penelitian tersebut memperoleh parameter desain akuisisi seismik yang dapat meningkatkan resolusi penampang seismik dengan menggunakan model geologi vulkanik.

2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian

2.2.1 Fisiografi

Menurut Van Bemmelen (1949), secara fisiografis wilayah Jawa Barat dibagi menjadi 4 zona, yaitu :

1. Zona Dataran Pantai Jakarta (*Plain of Batavia*),

2. Zona Bogor (*Bogor Zone*),
3. Zona Bandung (*Bandung Zone*),
4. Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat (*Southern Mountains*).

Daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Bogor yang berada di bagian timur zona ini. Zona ini terletak di sebelah selatan Zona Dataran Pantai Jakarta, dan memiliki lebar kurang lebih 40 km yang membentang mulai dari Rangkasbitung melalui Boor, Purwakarta, Majalengka sampai Kota Bumiayu di Provinsi Jawa Tengah. Zona Bogor merupakan antiklinorium yang kompleks dan cembung ke arah utara, disusun oleh batuan sedimen Neogen disertai adanya batuan vulkanik dan intrusi.

2.2.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

Berdasarkan peta geologi lembar Arjawinangun oleh Djuri (2011), stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda adalah sebagai berikut:

1. Formasi Cinambo

Formasi Cinambo berumur Oligosen-Miosen awal yang terdiri atas litologi batupasir tufan, batulempung gampingan, dan batulanau. Pada bagian tengah formasi ini, lapisan batupasir tufan tebal semakin tebal dan rapat, di beberapa tempat dijumpai sisipan batupasir yang mengandung foraminifera besar.

2. Formasi Halang

Formasi Halang berumur Miosen Tengah-Miosen Akhir bagian bawah. Formasi ini terdiri dari Anggota Atas Formasi Halang dan Anggota Bawah Formasi Halang. Litologi utama anggota atas dari Formasi Halang adalah batupasir, selain itu terdapat litologi batupasir tuf, lempung, dan konglomerat. Anggota bawah Formasi Halang memiliki litologi breksi gunungapi yang bersifat andesit dan basal, selain itu ditemukan tuf, lempung, serta konglomerat.

3. Formasi Subang

Formasi Subang menindih secara selaras di atas Formasi Halang. Formasi ini berumur Miosen Akhir. Formasi ini terdiri atas batulempung yang mengandung lapisan batugamping napalan abu-abu tua, batugamping, dan setempat ditemukan sisipan batupasir glokonit hijau.

4. Formasi Kaliwangu

Formasi Kaliwangu berumur Pliosen Awal. Formasi ini terdiri atas batulempung dengan sisipan batupasir tufan, konglomerat, setempat ditemukan lapisan-lapisan batupasir gampingan dan batugamping.

5. Formasi Citalang

Formasi Citalang berumur Pliosen Akhir yang memiliki litologi batupasir tufan berwarna coklat muda, lempung tufan, konglomerat, dan setempat ditemukan lensa-lensa batupasir gampingan yang keras. Di bagian atas formasi ini terdapat breksi terlipat yang terdiri atas breksi gunungapi bersifat andesit, breksi tufan, batupasir kasar, lempung tufan, dan grewake.

6. Satuan Batuan Gunungapi

Satuan batuan gunungapi dibagi atas 2 yaitu satuan batuan hasil gunungapi tua dan satuan batuan hasil gunungapi muda. Hasil gunungapi tua terdiri dari hasil gunungapi tua tak teruraikan, hasil gunungapi tua breksi, dan hasil gunungapi tua lava. Hasil gunungapi tua tak teruraikan memiliki litologi breksi gunungapi, lahar, lava bersifat andesit dan basal. Hasil gunungapi tua breksi memiliki litologi breksi gunungapi dan endapan lahar. Hasil gunungapi tua lava terdiri dari aliran lava tua yang bersifat andesit dengan mineral hornblende sebagai mineral utama. Hasil gunungapi muda terdiri dari hasil gunungapi muda tak teruraikan yang memiliki litologi breksi, lava yang bersifat andesit dan basal, pasir tufan, dan lapili, serta hasil gunungapi muda lava yang memiliki litologi aliran lava muda Gunung Ciremai yang bersifat andesit dan aliran lava muda Gunung Tampomas yang bersifat basal.

7. Satuan Aluvial

Satuan aluvium berumur kuartar yang terdiri atas lempung, lanau, pasir, kerikil, dan endapan sungai holosen.

Adapun kolom stratigrafi regional daerah penelitian ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Kolom stratigrafi regional (Djuri, 2011)

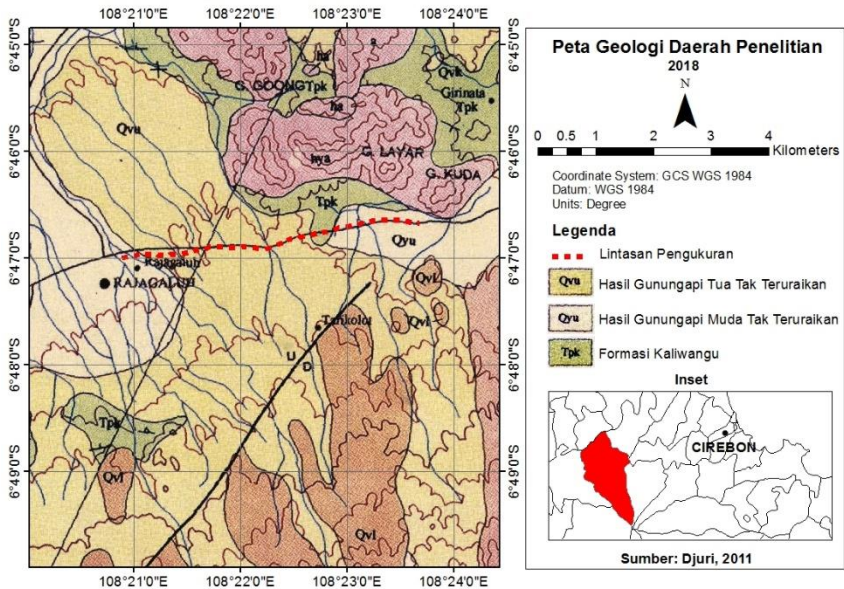
ZAMAN	KALA		KETERANGAN
KUARTER	PLISTOSEN		Hasil Gunungapi muda
			Hasil Gunungapi tua
			Breksi Terlipat
TERSIER	PLIOSEN		Formasi Citalang
			Formasi Kaliwangu
	MIOSEN	AKHIR	Formasi Subang

			Formasi Halang
		TENGAH	
		AWAL	Formasi Cinambo
	OLIGOSEN		

Pada peta geologi lembar Arjawinangun oleh Djuri (2011) yang telah dimodifikasi (Gambar 2.1), lintasan pengukuran penelitian ini melewati tiga satuan batuan yaitu hasil gunungapi tua tak teruraikan, hasil gunungapi muda tak teruraikan, dan formasi Kaliwangu (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Formasi batuan pada daerah penelitian (Djuri, 2011)

Formasi	Keterangan
Qyu	Hasil Gunungapi Muda Tak Teruraikan : Breksi, lava bersifat andesit dan basal, pasir tufan, lapili. Berasal dari G. Tampomas dan G. Careme. Biasanya batuan ini membentuk dataran atau bukit-bukit rendah dengan tanah yang berwarna abu-abu kuning dan kemerah-merahan.
Qvu	Hasil Gunungapi Tua Tak Teruraikan : breksi gunungapi, lahar, lava bersifat andesit dan basal
Tpk	Formasi Kaliwangu : Batulempung dengan sisipan batupasir tufan, konglomerat, setempat ditemukan lapisan-lapisan batupasir gampingan dan batugamping.

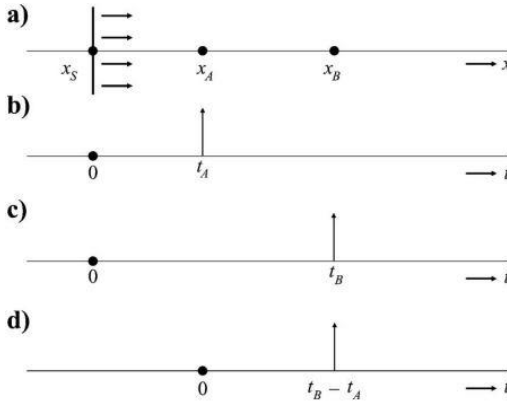


Gambar 2.1 Peta geologi daerah penelitian dengan modifikasi (Djuri, 2011)

2.3 Seismik Interferometri

Aplikasi interferometri pada seismik muncul saat Jon Claerbout, (1968) menyatakan hasil penelitiannya pada sebuah paper. Dalam paper tersebut, Claerbout meneliti hubungan antara respon dari transmisi dan refleksi gelombang pada lapisan horizontal. Hasilnya menunjukkan bahwa respon refleksi dapat diperoleh dari autokorelasi respon transmisi. Kemudian dia menduga bahwa hubungan tersebut dapat digunakan pada medium 3D heterogen. Dengan menggunakan korelasi silang (*cross-correlation*) antar trace dari dua penerima dipisahkan oleh *offset* dapat merekonstruksi medan gelombang dimana satu dari penerima menjadi sumber pada penerima lain. Schuster (2001) dan Schuster *et al.* (2004) menggunakan metoda korelasi silang terhadap sinyal seismik yang berasal dari sumber natural bumi. Penelitian tersebut memperoleh *interferometric-imaging* dengan teori berdasarkan analisis *stationary-phase* memanfaatkan korelasi silang dan *migration*.

Wapenaar *et al.* (2010) mengilustrasikan analisa 1D interferometri menggunakan gelombang langsung dengan asumsi cepat rambat gelombang c dalam keadaan konstan.



Gambar 2.2 Ilustrasi 1D interferometri gelombang langsung (Wapenaar dkk., 2010)

Gambar 2.2 (a) menunjukkan gelombang dari suatu sumber pada $x = x_S$ dan $t = 0$ merambat ke arah kanan di sepanjang sumbu x . (b) dan (c) adalah waktu tempuh dari sumber x_S pada masing-masing penerima. (d) respon korelasi silang antara impuls x_A dan x_B (Wapenaar dkk., 2010). Respon tersebut adalah hasil perhitungan *transfer* gelombang menggunakan fungsi Green (*green's function*) yang memerlukan geofon pada posisi tertentu untuk membuat *virtual source*. *Virtual source* disebut juga sebagai sumber semu yang digunakan dalam pengolahan seismik refraksi.

Dari ilustrasi di atas, *Green's function* didefinisikan sebagai dua fungsi berikut,

$$G(x_A, x_S, t) = \delta(t - t_A) \quad \text{respon pada } x_A \quad 2.1$$

$$G(x_B, x_S, t) = \delta(t - t_B) \quad \text{respon pada } x_B \quad 2.2$$

dimana G adalah *Green's function*, t_A dan t_B adalah waktu tiba gelombang pada x_A dan x_B . Korelasi silang x_A dengan x_B didapatkan pada $t_B - t_A$. Respon tersebut dapat diinterpretasikan sebagai respon pada x_B dari sumber yang terletak pada x_A . Persamaan respon korelasi silang pada x_A dan x_B adalah sebagai berikut,

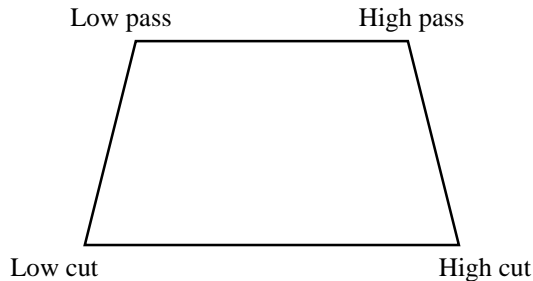
$$G(x_B, x_A, t) = \delta(t_B - t_A) = G(x_B, x_S, t) * G(x_A, x_S, -t) \quad 2.3$$

Persamaan 2.3 digunakan untuk menghasilkan *virtual source* dari geofon satu ke geofon lain pada penampang seismik. Hasil korelasi silang perlu difilter untuk menghilangkan sinyal yang mengganggu data seismik.

2.4 Filter Seismik

Filter pada data seismik digunakan untuk menghilangkan efek *noise* yang tidak diinginkan. Pada umumnya ada dua tipe *noise*, yaitu *noise* koheren dan *noise* acak atau *ambient noise* (Pryono dan Tim Asisten, 2004). *Noise* koheren umumnya disebabkan oleh efek refleksi atau refraksi seperti *ground roll* sedangkan *noise* acak disebabkan oleh persebaran heterogenitas lapisan dan aktivitas manusia. *Noise* koheren biasanya memiliki frekuensi yang rendah, sementara *noise* acak memiliki frekuensi yang tinggi karena efek dari sumber di dekat permukaan (Li dan Tang, 2005).

Untuk menghilangkan *noise* pada rentang frekuensi tertentu dapat digunakan *bandpass filter*. *Bandpass filter* didefinisikan dengan empat variable (Gambar 2.3). Filter dilakukan dengan melihat spektrum amplitudo terhadap frekuensi. Filter dilakukan dengan menentukan nilai rentang frekuensi pada empat titik, yaitu *low cut*, *low pass*, *high pass*, dan *high cut*. “Low cut” adalah frekuensi minimum dimana sinyal di bawah frekuensi tersebut dihilangkan. Frekuensi rendah secara bertahap naik sampai ke nilai yang disebut “low pass”. “High cut” merupakan frekuensi maksimum dimana tidak ada sinyal yang dipertahankan di atas frekuensi tersebut, sementara “high pass” adalah frekuensi dimana sinyal dimulai untuk dihilangkan. Frekuensi yang ada di antara *low pass* dan *high pass* merupakan rentang frekuensi dimana sinyal yang kuat dipertahankan (Uygun, 2016).



Gambar 2.3 Rentang frekuensi bandpass filter (Uygun, 2016)

Data seismik yang sudah difilter dapat digunakan untuk pengolahan seismik refraksi.

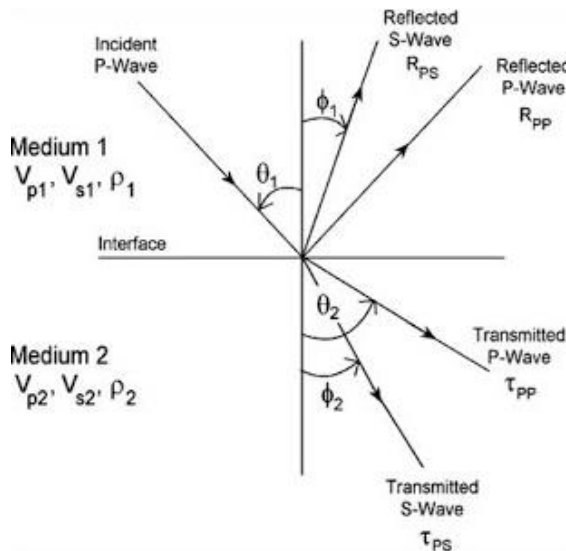
2.5 Seismik Refraksi

Seismik refraksi merupakan salah satu metode dalam survei geofisika yang berguna untuk mendapatkan informasi geologi bawah permukaan. Metode ini didasarkan pada sifat penalaran gelombang yang mengalami refraksi pada saat gelombang mengenai bidang batas antara lapisan satu dengan lapisan lain di bawahnya yang memiliki kecepatan yang lebih besar. Dalam metode ini,

parameter yang diamati adalah waktu tiba gelombang pertama ke penerima (Pryono dan Tim Asisten, 2004).

Berdasarkan Hukum Snellius, saat gelombang menjalar pada lapisan bumi dan bertemu dengan bidang batas (*interface*) antar lapisan dengan densitas yang berbeda maka akan terjadi pemantulan dan pembiasan gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 Persamaan gelombang saat mengenai bidang batas lapisan menurut Hukum Snellius adalah sebagai berikut:

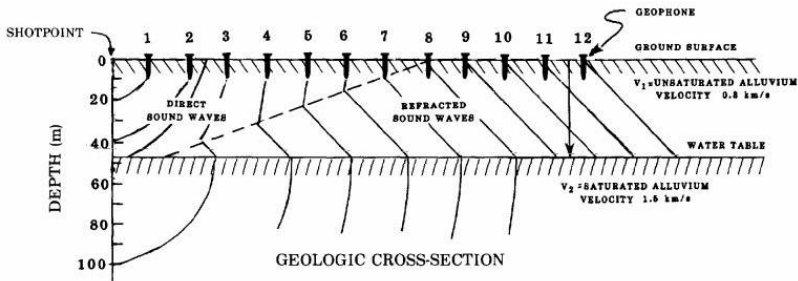
$$\frac{v_p}{\sin i} = \frac{v_{Rpp}}{\sin \theta_1} = \frac{v_{Rps}}{\sin \phi_1} = \frac{v_{\tau pp}}{\sin \theta_2} = \frac{v_{\tau ps}}{\sin \phi_2}$$



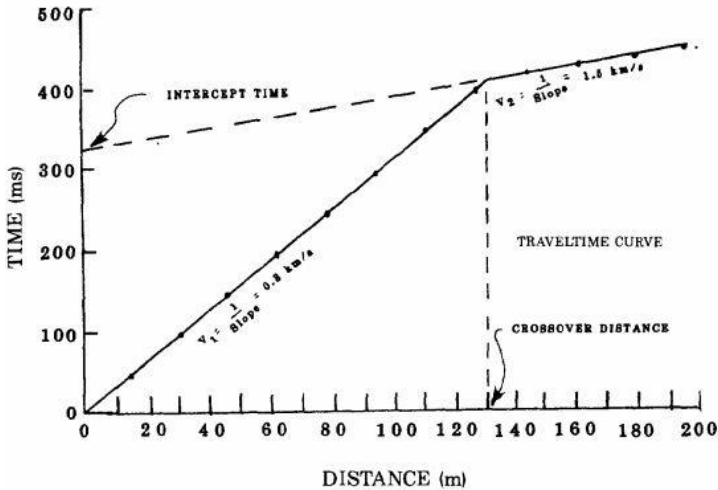
Gambar 2.4 Gelombang seismik saat mengenai bidang batas lapisan (Sheriff dan Geldart, 2006)

Gambar 2.4 di atas menunjukkan saat gelombang kompresi menjalar ke dalam permukaan bumi lalu mengenai batas perlapisan maka akan muncul empat gelombang yang berbeda yaitu gelombang P refleksi (R_{PP}), gelombang P refraksi (R_{PS}), gelombang S refleksi (τ_{PP}), dan gelombang S refraksi (τ_{PS}). Jika kecepatan lapisan medium 2 lebih besar dari pada kecepatan medium 1 maka gelombang refraksi semakin mendekati bidang batas. Gelombang P adalah gelombang yang pertama kali diterima oleh geofon. Gelombang inilah yang digunakan untuk *picking first break* pada pengolahan seismik refraksi. Sedangkan gelombang S adalah gelombang yang tiba di geofon setelah gelombang P.

Apabila dilakukan akuisisi seismik refraksi seperti di bawah, kurva waktu tiba gelombang *first break* seismik pada geofon terhadap jarak dapat diperoleh seperti pada Gambar 2.5 berikut,



(a)



(b)

Gambar 2.5 (a) Akuisisi seismik Refraksi; (b) Kurva waktu tempuh gelombang seismik terhadap jarak (Haeni, 1986)

Gambar 2.5 (a) menunjukkan proses kegiatan seismik refraksi dimana ada satu sumber (*shotpoint*) terletak di bagian ujung sebelah kiri dan 12 geofon di sebelah kanannya. Gelombang seismik yang dihasilkan dari sumber merambat melalui medium di bawah permukaan bumi. Ada dua gelombang yang ditunjukkan pada gambar di atas, yaitu gelombang langsung (*direct wave*) dan gelombang refraksi yang muncul saat gelombang mengenai bidang batas lapisan, dari kedua gelombang inilah muncul *first break*. (b) menunjukkan

interpretasi *first break* dari kurva waktu tempuh (*travel time*) dengan jarak. Kurva yang dipakai dalam seismik refraksi adalah garis yang tebal dimana gelombang langsung ditunjukkan dengan garis tebal dan gelombang refraksi dengan garis putus-putus.

2.6 Kecepatan Gelombang Seismik Batuan

Lapisan batuan yang dilewati oleh gelombang seismik dapat memengaruhi nilai kecepatan gelombang itu sendiri. Jika material batuan yang dilalui bervariasi, maka nilai kecepatan gelombang seismik dapat merupakan perataan dari material-material batuan tersebut. Lokasi yang berbeda dapat menghasilkan nilai kecepatan batuan yang berbeda pula (Muhammad, 2017). Tabel 2.3 berisi nilai kecepatan gelombang-P dari beberapa batuan menurut Whiteley and Stewart (2008).

Tabel 2.3 Kecepatan gelombang seismik batuan (Whiteley dan Stewart, 2008)

Material	Seismic velocity (km/s)
Gas-filled fine sediments	0.8–1.4
Silts and soft clays	1.5–1.6
Stiff clays	1.7–1.9
Loose to dense sands	1.6–1.8
Cemented sands	1.9–2.4
Loose gravels, cemented gravels	1.8–2.4
Younger limestone (reef)	2.2–3.5
Older limestone (reef)	2.5–6.0
Calcarene, siliceous calcarenite	2.0–3.7
Boulders/broken rock in sand	1.9–4.0
Weathered sandstone/shale	1.9–2.5
Fresh sandstone/shale	2.7–4.3
Granite	4.3–5.8
Basalt	3.0–6.5
Metamorphics	3.0–7.0

Tabel 2.3 dapat membantu dalam interpretasi hasil pengolahan data seismik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Peralatan dan Data

Peralatan-peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

3.1.1 Perangkat Keras

- 1 unit *laptop*
- 1 unit workstation milik Departemen Teknik Geofisika ITS

3.1.2 Perangkat Lunak

- Microsoft Office
- Vista 12.0
- Matlab
- ZondST2D
- Seisee

3.1.3 Data

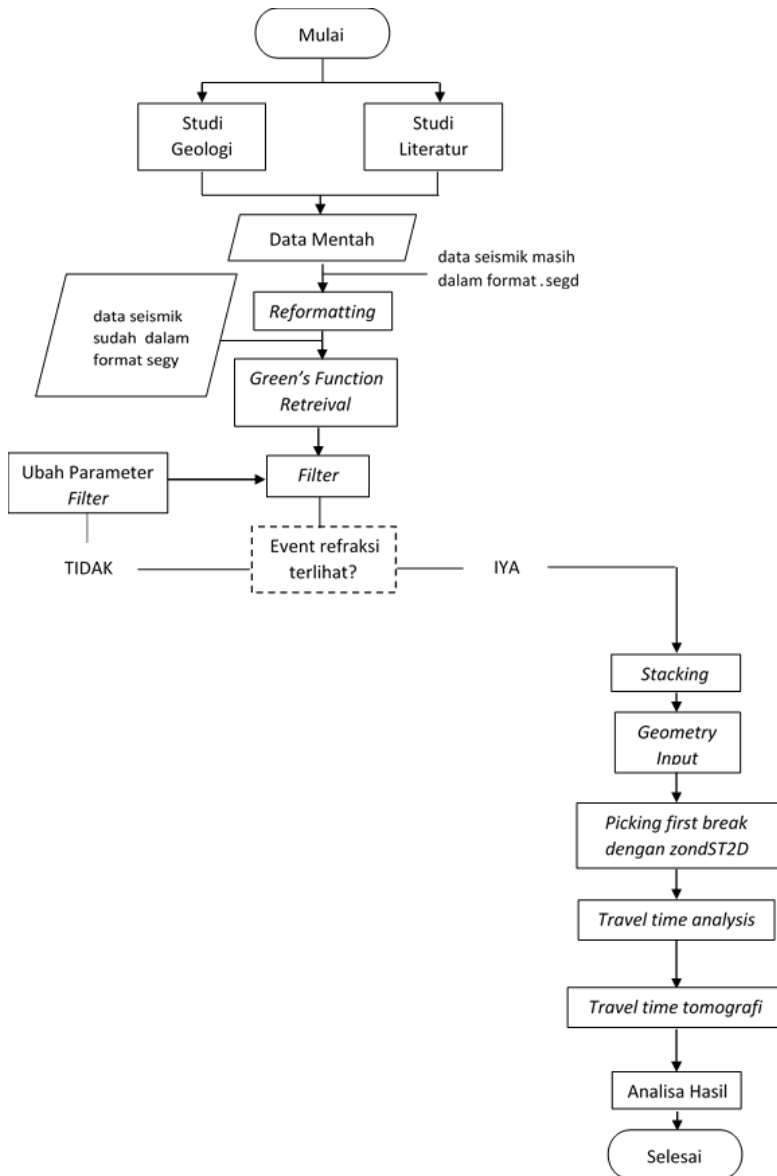
Data yang digunakan antara lain:

- 28 data seismik pasif dengan informasi sebagai berikut.

Tabel 3.1 Informasi data seismik pasif

Jumlah <i>Receiver</i>	692
Interval <i>Receiver</i>	20 m
<i>Record Length</i>	90 s
<i>Sampling Rate</i>	2 s
Samples	45 s

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3 Langkah Kerja

Tahapan kerja dibagi menjadi 3 tahapan yaitu tahap persiapan (pre-processing), tahap pengolahan data (processing), dan tahap analisa hasil. Masing-masing tahapan dijelaskan sebagai berikut,

3.3.1 Tahap Persiapan

Tahapan persiapan merupakan langkah kerja yang dimulai dari studi literatur dan pengumpulan data sampai persiapan data untuk diolah pada tahapan selanjutnya. Tahap persiapan dibagi menjadi,

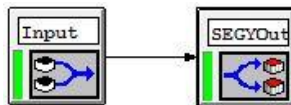
3.3.1.1 Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Studi awal meliputi pengumpulan informasi dan teori dari berbagai referensi seperti jurnal, paper, dan buku mengenai penelitian yang serupa yang telah dilakukan di daerah vulkanik, geologi regional area penelitian, dan metode yang digunakan dalam penelitian. Informasi-informasi tersebut dikumpulkan untuk mendukung pengerjaan penelitian ini.

Selain itu, dilakukan juga pengumpulan data baik data seismik pasif mentah dari PT Pertamina maupun data-data yang mendukung data seismik tersebut seperti informasi lokasi pengukuran dan geometri pengukuran.

3.3.1.2 Pemformatan Ulang Data (*Reformatting Data*)

Data seismik pasif dari PT Pertamina memiliki format *.segd* sehingga perlu diubah ke dalam format *.sgy* untuk menyesuaikan format yang dibutuhkan dalam pengolahan data seismik. Proses ini menggunakan perangkat lunak Vista 12.0. Skema kerja tahap pemformatan ulang data ditunjukkan pada Gambar 3.2 di bawah ini,

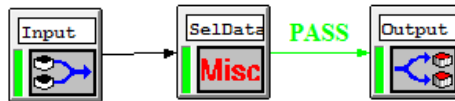


Gambar 3.2 Skema kerja pemformatan ulang data

Skema di atas terdiri dari perintah *Input* untuk memanggil data seismik *.segd* yang akan diformat ulang dan perintah *SEGYOut* untuk menyimpan data seismik yang sudah diformat ulang dalam bentuk data *.sgy*.

3.3.1.3 Penyeleksian Data

Jumlah *trace* data seismik pasif adalah 692 *trace*. Data seismik yang akan diolah adalah *trace* 1-265 hasil perekaman *single geophone*. Penyeleksian data dikerjakan dengan perangkat lunak Vista 12.0 dimana skema kerja ditunjukkan pada Gambar di bawah ini,



Gambar 3.3 Skema kerja penyeleksian data

Skema kerja terdiri atas perintah *Input*, *SelData*, dan *Output*. Perintah *Input* berfungsi untuk memasukkan data seismik 692 *trace*. Perintah *SelData* berfungsi untuk menyeleksi *trace* data seismik yang telah dimasukkan. *Trace* yang digunakan adalah *trace* 1-265.

Data/Header Selection									
TRACE HEADER FILTER SPREAD-SHEET									
FILTER #	NOT		HEADER ITEM	1 OPERATOR	1 RANGE	2 OPERATOR	2 RANGE	INCR. RANGE	
1		AND	CHANNEL_NO	GREATER/EQUAL TO	1	LESS/EQUAL TO	265		

Gambar 3.4 Tampilan jendela perintah *SelData*

Gambar 3.4 di atas merupakan penampilan jendela perintah *SelData* yang akan meloloskan nomor geofon (*CHANNEL_NO*) yang lebih besar atau sama dengan (*GREATEST/EQUAL TO*) 1 dan kecil dari atau sama (*LESS/EQUAL TO*) dengan 265.

3.3.1.4 Korelasi Silang dan Filter

Korelasi silang dan filter dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab. Sejumlah 27 *trace* yang ada di dalam data seismik dipilih dan dilakukan korelasi silang dengan seluruh *trace* yang ada dalam data seismik untuk mendapatkan virtual source. Kemudian dilakukan filter untuk menghilangkan sinyal seismik selain ambient noise. Beberapa nilai rentang frekuensi filter dicoba untuk mendapatkan penampang seismik yang terlihat refraksinya.

3.3.1.4 Stacking

Stacking adalah proses perata-rataan *trace* dalam satu virtual source yang sama untuk meningkatkan signal to noise ratio (S/N). Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan seismik refraksi dilakukan pada tahap pengolahan data menggunakan perangkat lunak ZondST2D. Pengolahan data seismik dimulai dari memasukkan informasi geometri sampai inversi untuk menghasilkan model kecepatan bawah permukaan. Penjelasan tahap pengolahan data adalah sebagai berikut,

3.3.2.1 Geometri

Geometri merupakan tahapan untuk mendefinisikan geometri berdasarkan akuisisi data di daerah penelitian. Geometri yang dimasukkan antara lain posisi sumber, posisi geofon, ketinggian sumber, dan ketinggian geofon.

Sx

20

Sz

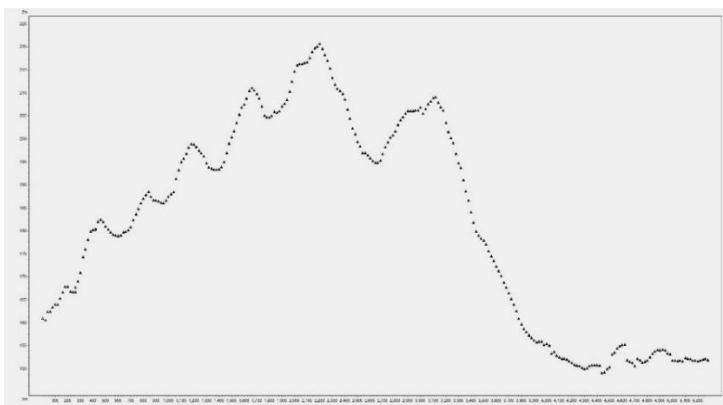
160.50




N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	161.10	0.03	<input type="checkbox"/>	15.3
2	<input checked="" type="checkbox"/>	20	160.50	0.02	<input type="checkbox"/>	62.6
3	<input checked="" type="checkbox"/>	40	162.40	0.04	<input type="checkbox"/>	101.5
4	<input checked="" type="checkbox"/>	60	162.50	0.05	<input type="checkbox"/>	140.4
5	<input checked="" type="checkbox"/>	80	163.40	0.3	<input type="checkbox"/>	179.3
6	<input checked="" type="checkbox"/>	100	164	0.3	<input type="checkbox"/>	218.2
7	<input checked="" type="checkbox"/>	120	164	0.3	<input type="checkbox"/>	267.0
8	<input checked="" type="checkbox"/>	140	165.30	0.3	<input type="checkbox"/>	307.7
9	<input checked="" type="checkbox"/>	160	166.60	0.3	<input type="checkbox"/>	342.7
10	<input checked="" type="checkbox"/>	180	167.90	0.4	<input type="checkbox"/>	373.8
11	<input checked="" type="checkbox"/>	200	167.90	0.4	<input type="checkbox"/>	412.7
12	<input checked="" type="checkbox"/>	220	166.80	0.3	<input type="checkbox"/>	451.6
13	<input checked="" type="checkbox"/>	240	166.70	0.3	<input type="checkbox"/>	490.5
14	<input checked="" type="checkbox"/>	260	167.70	0.3	<input type="checkbox"/>	529.0
15	<input checked="" type="checkbox"/>	280	169	0.3	<input type="checkbox"/>	568.2
16	<input checked="" type="checkbox"/>	300	170.90	0.6	<input type="checkbox"/>	587.3
17	<input checked="" type="checkbox"/>	320	174.30	0.3	<input type="checkbox"/>	601.8
18	<input checked="" type="checkbox"/>	340	176	0.4	<input type="checkbox"/>	628.1
19	<input checked="" type="checkbox"/>	360	178.10	0.5	<input type="checkbox"/>	651.3
20	<input checked="" type="checkbox"/>	380	179.90	0.3	<input type="checkbox"/>	665.9

Gambar 3.5 Tampilan beberapa informasi geometri area penelitian

Gambar 3.5 menampilkan geometri yang berisi nilai posisi *virtual source* (S_x) ke-n, ketinggian *virtual source* (S_z) ke-n, posisi geofon (R_x) ke-n, dan ketinggian geofon (R_z) ke-n.



Gambar 3.6 Posisi geofon di atas permukaan air laut

Gambar 3.6 merupakan tampilan elevasi geofon setelah nilai geometri dimasukkan. Nilai elevasi geofon terendah berada di geofon 223 dengan ketinggian 149.1 meter di atas permukaan laut dan tertinggi pada geofon 111 dengan ketinggian 220,7 meter di atas permukaan laut.

3.3.2.2 Picking First Break

Picking first break dilakukan secara manual pada sinyal gelombang refraksi untuk mendapatkan anomali kecepatan bawah permukaan.

3.3.2.3 Inversi

Inversi dilakukan untuk mendapatkan model bawah permukaan hasil dari picking first break. Inversi yang digunakan adalah Occam.

3.3.3 Tahap Analisa Hasil

3.3.3.1 Analisa Data

Pada analisa ini, dilakukan analisa kualitatif terhadap data seismik mentah hasil perekaman tiga variasi geofon.

3.3.3.2 Analisa Hasil Korelasi Silang dan Filter

Analisa kualitatif pada data seismik setelah dilakukan korelasi silang dan filter.

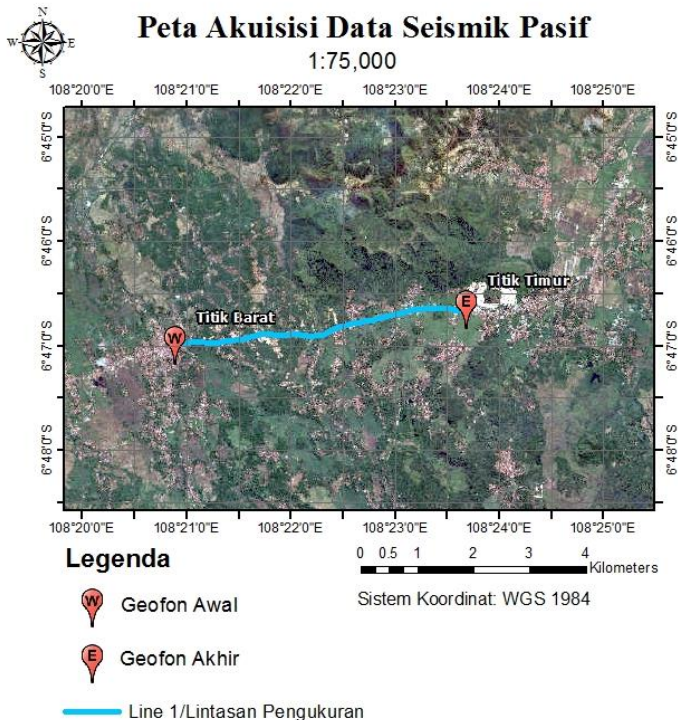
3.3.3.3 Analisa Hasil Inversi Tomografi

Analisa kualitatif dan kuantitatif terhadap model kecepatan yang diperoleh dari hasil inversi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

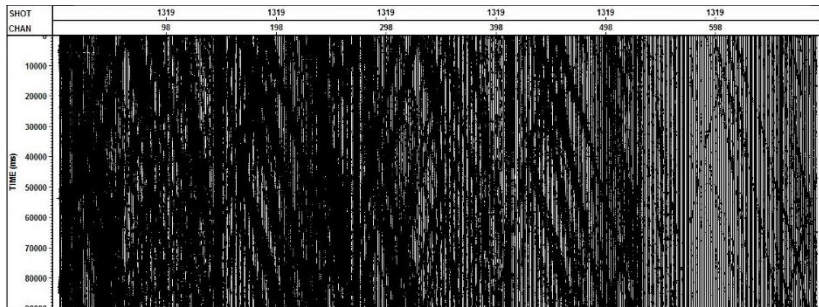
4.1 Analisa Data

Data mentah yang digunakan pada pengolahan data seismik interferometri adalah data sekunder yang diperoleh dari PT Pertamina bagian *Upstream Technology Center*. Data seismik tersebut merupakan data seismik pasif hasil perekaman geofon di line 1 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 di bawah ini.



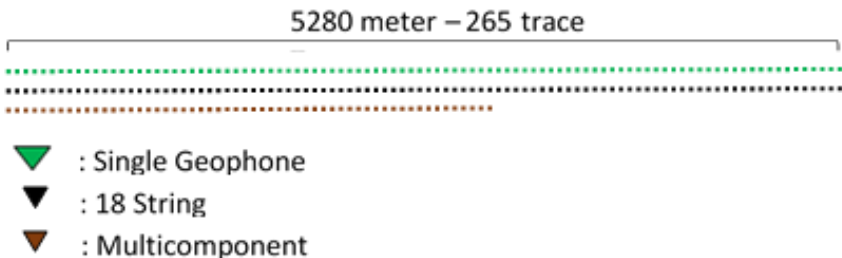
Gambar 4.1 Pengukuran seismik pasif Majalengka

Line 1 yang ditunjukkan oleh garis berwarna biru memiliki panjang lintasan 5280 m. Pengukuran dimulai dari titik barat sampai ke titik timur. Data seismik hasil pengukuran disimpan dalam format *.segd* sehingga perlu diformat ke dalam format *.sgy* untuk mempermudah pengolahan data seismik. Jumlah data yang digunakan sebanyak 28 data. Berikut adalah tampilan salah satu data seismik mentah yang diperoleh,



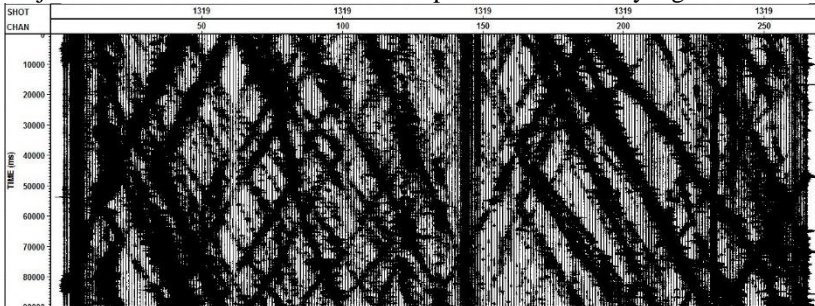
Gambar 4.2 Tampilan data seismik mentah

Masing-masing data memiliki 692 *trace* dan panjang rekaman 90 detik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Menurut informasi dari pihak PT Pertamina, 692 *trace* seismik tersebut merupakan penggabungan dari tiga perekaman geofon yang berbeda, yaitu 265 *trace* awal menggunakan *single geophone*, 265 *trace* selanjutnya menggunakan *18 strings geophone*, dan 162 *trace* terakhir menggunakan *multicomponent geophone* (ilustrasi perekaman ditunjukkan pada Gambar 4.3). Masing-masing perekaman memiliki kelebihan dan kekurangan sendiri. *Single geophone* merekam komponen vertikal gelombang seismik dan hanya merekam satu sinyal menggunakan satu geofon di tiap *station*. Perekaman *18 strings geophone* menggunakan 18 geofon yang disusun sedemikian rupa di setiap *station*, interferensi gelombang dapat terjadi di perekaman ini sehingga bisa terjadi penghilangan sinyal seismik. Perekaman *multicomponent geophone* dapat merekam gelombang seismik dalam tiga komponen atau arah yaitu X, Y, dan Z namun hanya 162 geofon yang digunakan dalam pengukuran tersebut sehingga dari 3 perekaman tersebut dipilih 265 *trace* pertama untuk diolah seismik interferometri.



Gambar 4.3 Ilustrasi perekaman data seismik menggunakan 3 variasi geofon

Untuk mengambil 265 *trace* tersebut, dilakukan penyeleksian *trace* seismik menggunakan perangkat lunak Vista 12.0 seperti yang ditunjukkan pada skema kerja di Gambar 3.3. Berikut adalah tampilan data seismik yang telah diseleksi,

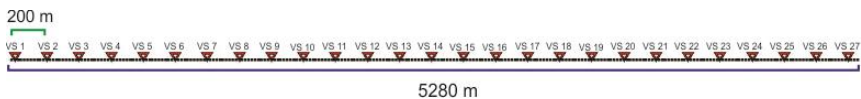


Gambar 4.4 Tampilan data seismik setelah diseleksi menjadi 265 trace

Hasil perekaman data seismik pasif memiliki bentuk yang simpang siur atau acak. Dapat diamati bahwa pada Gambar 4.4 di atas, perekaman data seismik tidak murni hasil perekaman *ambient noise* dari bawah permukaan bumi, namun juga hasil pengaruh gangguan akibat aktivitas manusia seperti kendaraan yang melintas di sekitar area pengukuran karena lintasan pengukuran berada di sepanjang tepi jalan. Tren atau kemenerusan gelombang seismik yang diinginkan belum terlihat dengan jelas pada Gambar 4.4 sehingga dilakukan pengolahan seismik interferometri untuk mendapatkan *event* refraksi dari *ambient noise* yang diinginkan.

4.2 Analisa Hasil Korelasi Silang dan Filter

Data seismik mentah kemudian diolah dengan metode seismik interferometri. Seismik interferometri membuat adanya *virtual source* atau sumber seismik yang sebenarnya tidak ada di lapangan namun dibuat seolah-olah ada sumber dengan cara korelasi silang (*cross-correlation*). Perhitungan *virtual source* dilakukan sebanyak 27 *virtual source* dimulai dari *station* ke-2 sampai *station* ke-262 dengan jarak 10 *station* seperti Gambar 4.5 berikut,

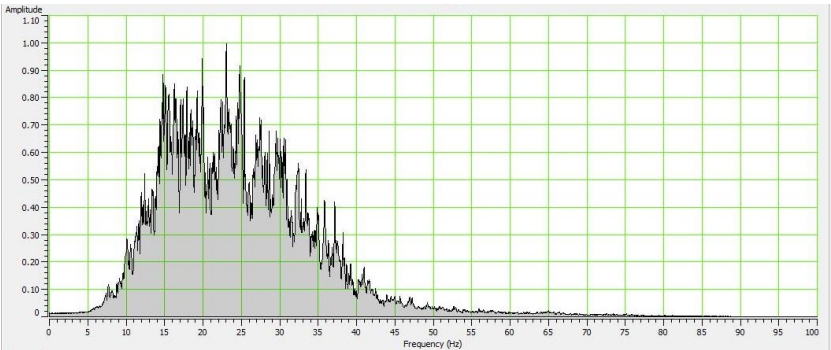


Gambar 4.5 Geometri survei seismik

Posisi 27 *virtual source* pada Gambar 4.5 ditandai dengan segitiga berwarna merah di sepanjang lintasan yang telah dibentangkan geofon sejumlah 265 geofon (ditandai dengan titik berwarna hitam). Jarak antar *virtual source*

sebesar 200 meter dimulai dari meter ke 20 sampai 5220 pada lintasan dengan panjang 5280 meter. *Virtual source* berada tepat di posisi geofon karena *virtual source* diperoleh dari hasil korelasi silang antara sinyal gelombang seismik pada geofon satu dengan geofon lainnya.

Setelah dikorelasi silang, dilakukan normalisasi untuk menyamakan amplitudo sinyal seismik dan filter *bandpass* untuk memotong sinyal seismik yang tidak diinginkan di frekuensi tertentu. Pemilihan rentang frekuensi filter dilakukan dengan melihat spektrum amplitudo terhadap frekuensi dari data seismik yang telah dikorelasi silang (Gambar 4.6).



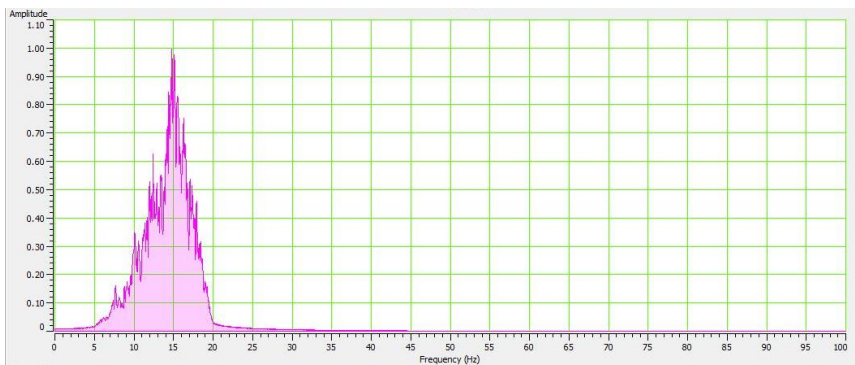
Gambar 4.6 Spektrum frekuensi sebelum filter

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai amplitudo meningkat di frekuensi 5 Hz dan mulai menurun di frekuensi 43 Hz. Spektrum dengan amplitudo yang tinggi berada di sekitar frekuensi 15-25 Hz. Hal ini dapat menandakan bahwa frekuensi sekitar 15-25 Hz memiliki informasi data seismik yang terbaik, dan dapat dijadikan pedoman dalam menentukan frekuensi filter. Filter yang digunakan adalah *bandpass filter* yang dapat memotong sinyal seismik di frekuensi tertentu. Sebanyak empat filter dengan nilai frekuensi yang berbeda digunakan, kemudian dianalisa rentang frekuensi berapa yang dapat menghasilkan *event* refraksi yang terlihat jelas pada penampang seismik. Adapun nilai keempat frekuensi filter tersebut ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rentang frekuensi filter

	Low Cut	Low Pass	High Pass	High Cut
Bandpass-1	3	5	15	20
Bandpass-2	10	12	28	30
Bandpass-3	20	23	35	40
Bandpass-4	30	35	45	50

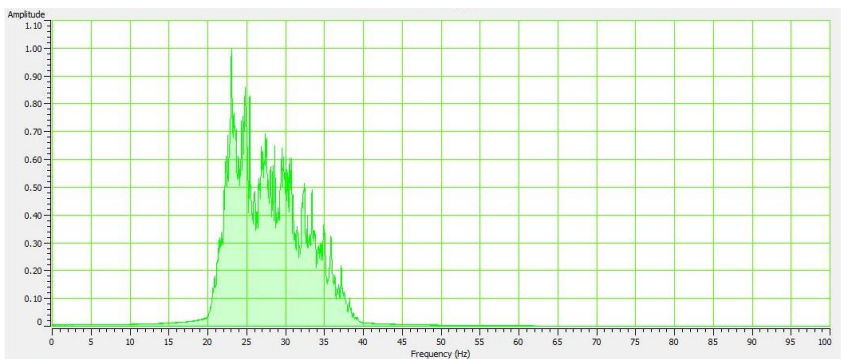
Tampilan spektrum amplitudo terhadap frekuensi (Gambar 4.6) berubah setelah dilakukan filter. Masing-masing filter menghasilkan spektrum amplitudo terhadap frekuensi sesuai dengan nilai frekuensi yang dimasukkan. Spektrum hasil filter bandpass-1 ditampilkan pada Gambar 4.7 dimana rentang frekuensi yang diloloskan 3-20 Hz dengan amplitudo dominan berada di rentang 13-17 Hz. Spektrum hasil filter bandpass-2 (Gambar 4.8) memiliki amplitudo dominan di rentang 13-28 Hz, lebih lebar dari rentang frekuensi filter bandpass-1. Spektrum hasil filter bandpass-3 (Gambar 4.9) memiliki amplitudo dominan di rentang 22-31 Hz, dan spektrum hasil filter bandpass-4 (Gambar 4.10) memiliki amplitudo dominan di rentang 32-49 Hz. Semakin lebar rentang frekuensi yang memiliki amplitudo dominan yang diloloskan semakin banyak noise yang mengganggu penampang data seismik.



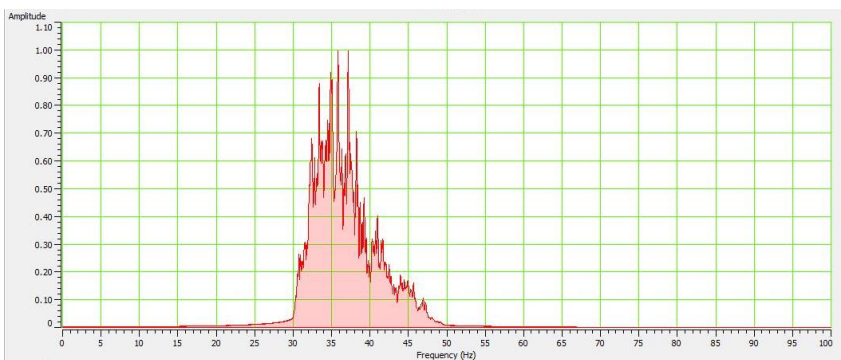
Gambar 4.7 Spektrum frekuensi setelah bandpass filter 3,5,15,20 Hz



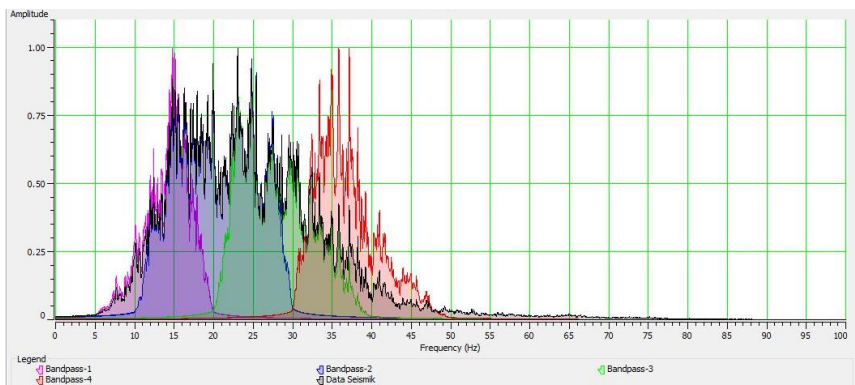
Gambar 4.8 Spektrum frekuensi setelah bandpass filter 10,12,28,30 Hz



Gambar 4.9 Spektrum frekuensi setelah bandpass filter 20,23,35,40 Hz



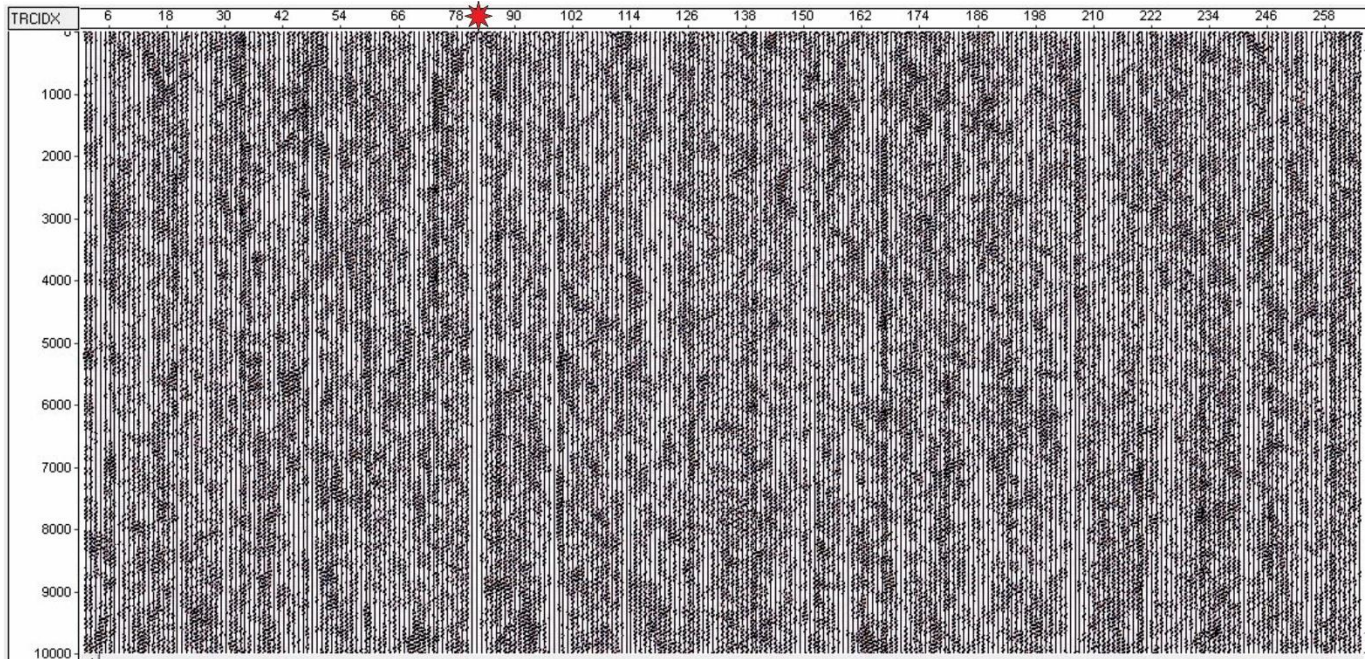
Gambar 4.10 Spektrum frekuensi setelah bandpass filter 30,35,45,50 Hz



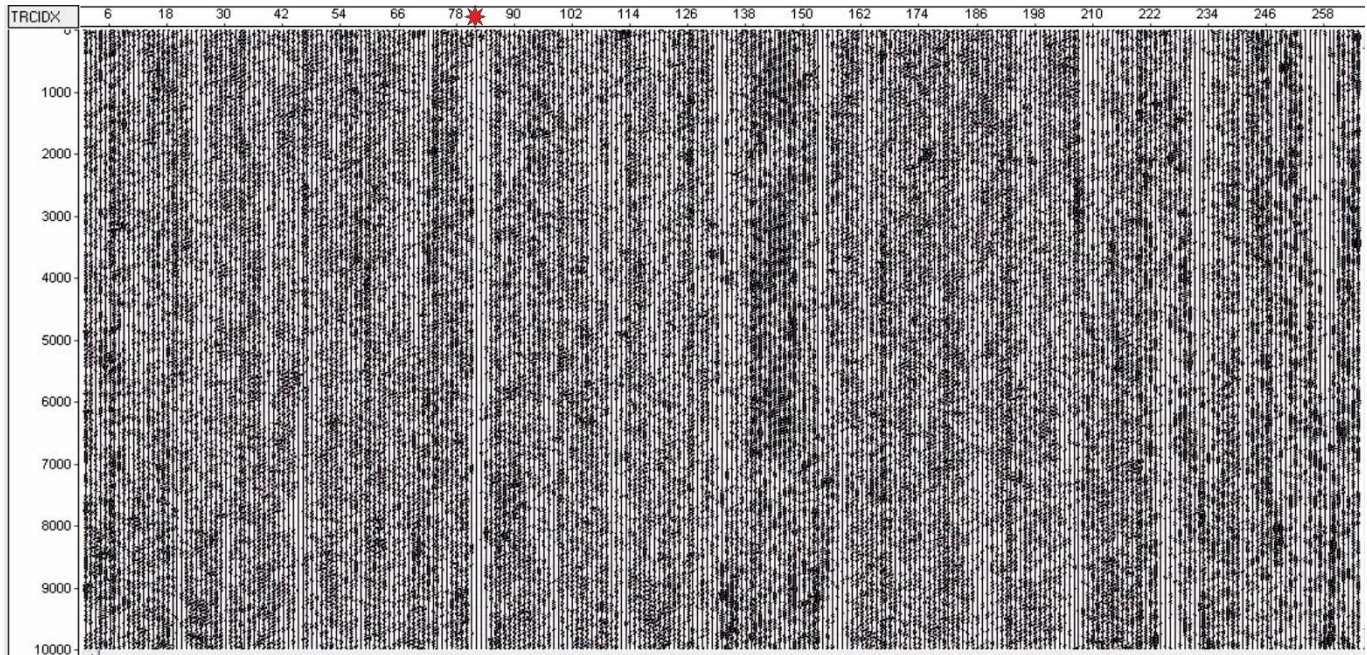
Gambar 4.11 Spektrum frekuensi data seismik

Overlay spektrum amplitudo terhadap frekuensi antara data seismik sebelum difilter dengan sesudah difilter dapat dilihat pada Gambar 4.11 dimana rentang frekuensi filter yang digunakan tidak jauh dari rentang frekuensi dari data seismik sebelum difilter.

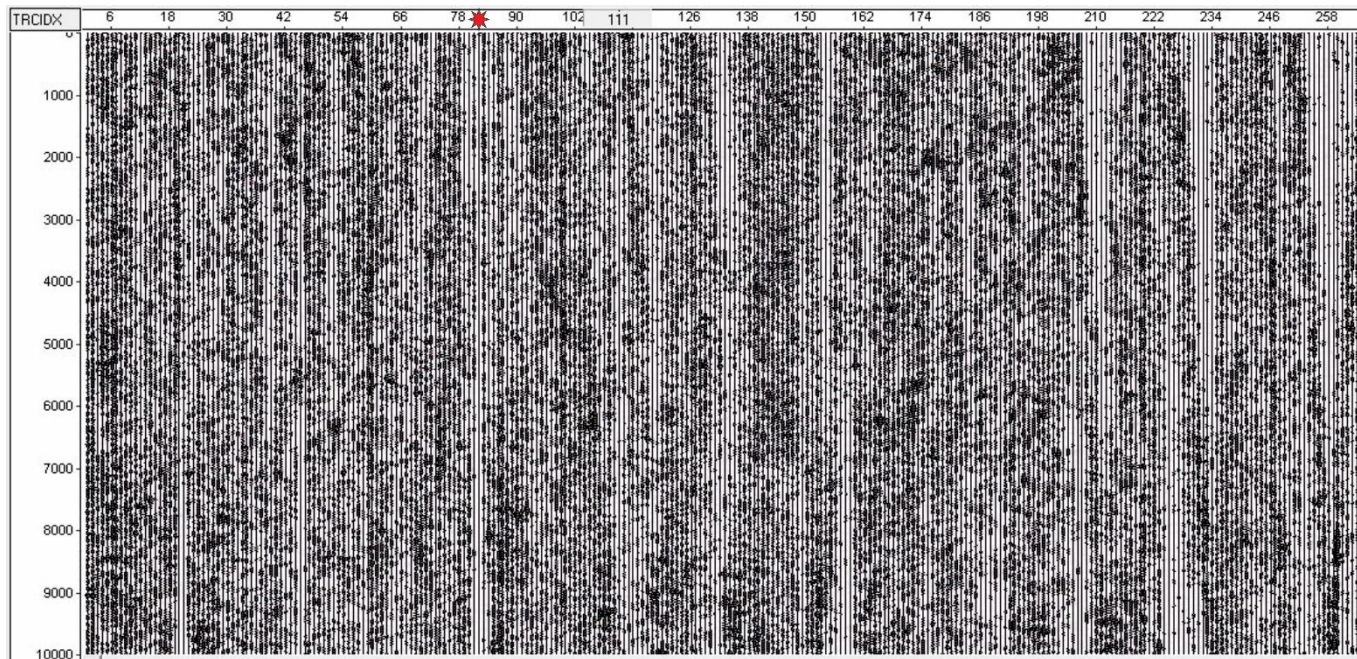
Dari keempat filter di atas, filter bandpass-1 menghasilkan penampang seismik yang lebih baik (Gambar 4.12) dibandingkan dengan ketiga filter lainnya (Gambar 4.13 – 4.15). Hal ini dilihat dari kemenerusan fenomena refraksi yang dihasilkan pada penampang seismik. Gambar 4.12 menunjukkan pola kemenerusan yang lebih terlihat di posisi *virtual source* (antara *trace* 78-90), dibandingkan dengan ketiga penampang seismik yang lain. Namun, pola kemenerusan yang ada pada Gambar 4.12 tidak terlihat begitu jelas pada posisi *virtual source*, yang terlihat adalah kemenerusan dari *surface wave*.



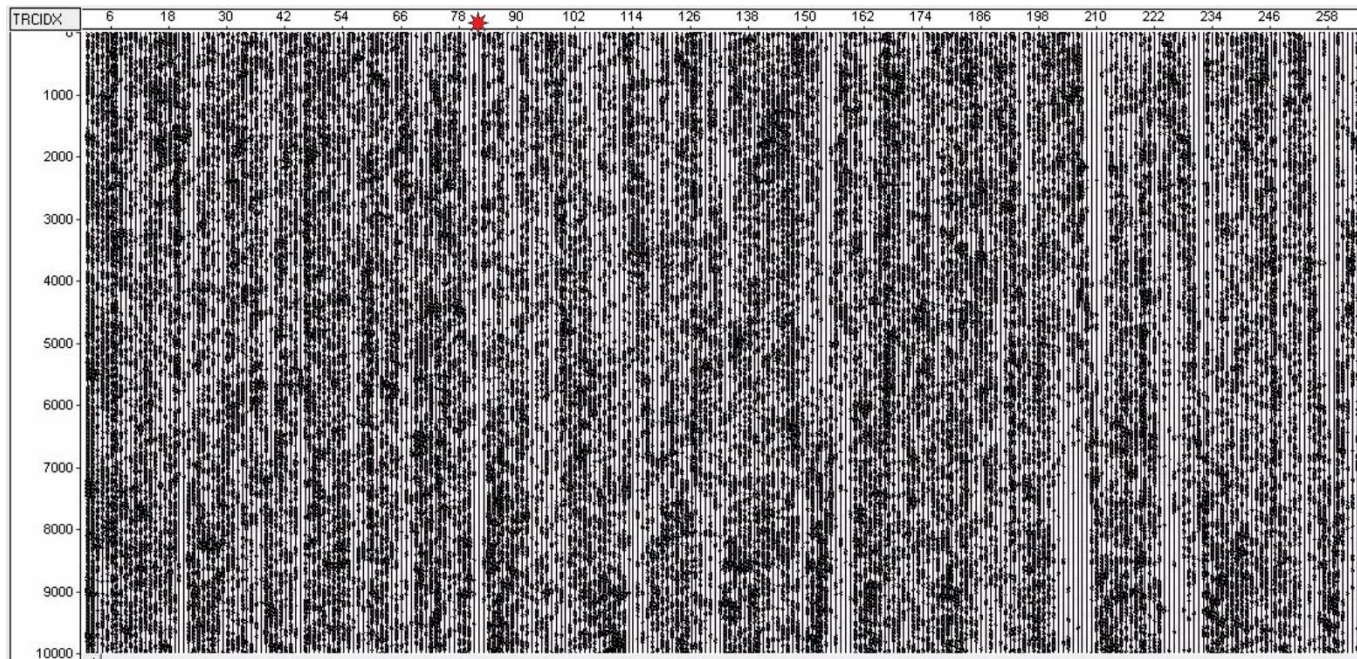
Gambar 4.12 Hasil filter bandpass 1 pada *virtual source* ke-82



Gambar 4.13 Hasil filter bandpass 2 pada *virtual source* ke-82



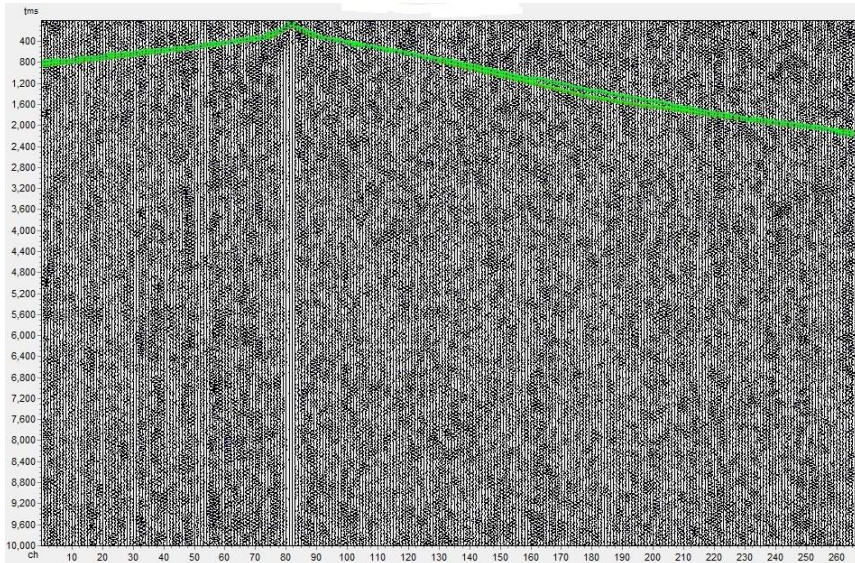
Gambar 4.14 Hasil filter bandpass 3 pada *virtual source* ke-82



Gambar 4.15 Hasil filter bandpass 4 pada *virtual source* ke-82

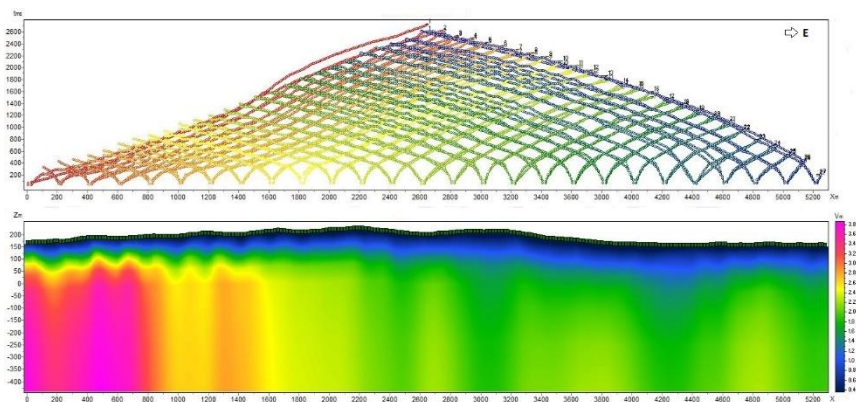
4.3 Analisa Hasil Inversi Tomografi

Picking first break dilakukan untuk mendefinisikan pola refraksi gelombang seismik. *Picking* dilakukan pada kemenerusan gelombang di tiap *virtual source* dari 0 s. Waktu *picking first break* tidak melebihi 3000 ms. Berikut adalah contoh salah satu data seismik yang telah di-*picking*,



Gambar 4.16 Hasil picking first break pada virtual source ke-82

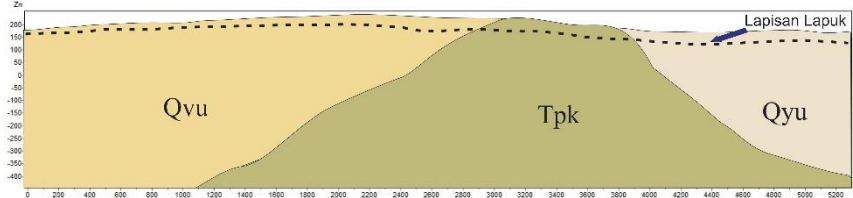
Pengolahan dilanjutkan dengan inversi tomografi seismik refraksi untuk memperoleh model kecepatan gelombang-P. Inversi tomografi dilakukan dengan menggunakan metode Occam dan *smoothing factor* sebesar 0,2. Gambar 4.17 menunjukkan hasil inversi tomografi.



Gambar 4.17 Hodogram (atas) dan model Vp hasil inversi (bawah)

Dilihat dari jejak sinyal gelombang seismik, penetrasi gelombang mencapai kedalaman sekitar 250 m di bawah permukaan air laut atau sekitar 400 m dari permukaan (Gambar 4.17). Hal ini menunjukkan bahwa gelombang seismik dapat menembus lapisan berkecepatan tinggi namun untuk lapisan yang lebih dalam belum dapat dimodelkan karena energi gelombang seismik yang terbatas. Hasil inversi menunjukkan bahwa bentuk lapisan yang memiliki kecepatan tinggi mengikuti topografi lintasan pengukuran. Pada bagian barat, lapisan memiliki nilai kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan di bagian timur.

Berdasarkan informasi dari peta geologi dan tabel nilai Vp batuan (Gambar 2.1 dan Tabel 2.3), secara kualitatif model Vp diinterpretasikan sebagai Gambar 4.18 berikut,



Gambar 4.18 Model hasil interpretasi penampang Vp

Lapisan biru pada Gambar 4.17 merupakan lapisan berkecepatan rendah (<1.3 km/s) yang semakin ke timur ketebalan lapisannya semakin tinggi sekitar 50-100 m. Hal ini digambarkan dengan garis putus-putus pada Gambar 4.18. Lapisan berkecepatan rendah tersebut merupakan batuan hasil pelapukan batuan vulkanik yang berada di atas lapisan berkecepatan tinggi. Lapisan berkecepatan tinggi berada pada di sekitar kedalaman 50 m dari lapisan

berkecepatan rendah. Lapisan tersebut merupakan refraktor yang menyebabkan terjadinya refraksi. Berdasarkan letak titik pengukuran dan peta geologi area penelitian, lapisan berkecepatan tinggi diinterpretasikan dalam tiga satuan batuan, yaitu Qvu, Tpk, dan Qyu. Qvu adalah hasil gunungapi tua tak teruraikan, Tpk adalah formasi Kaliwangu yang umurnya lebih tua dari Qvu. Lapisan formasi ini berada di bawah satuan batuan Qvu dan Qyu. Qyu adalah hasil gunungapi muda tak teruraikan yang umurnya lebih muda dari Qvu.

Berdasarkan Vp batuan pada Tabel 2.3, formasi Qvu memiliki nilai Vp berkisar antara 2,4-3,9 km/s yang diinterpretasikan sebagai batuan basal atau batuan yang merupakan campuran dari batuan-batuan lain seperti andesit, piroklastik, dan batuan sedimen vulkanik. Formasi Tpk memiliki nilai Vp yang berkisar antara 1,3-2,4 km/s dimana litologi batuannya diinterpretasikan sebagai batulempung campuran batu pasir yang terkompaksi. Formasi Qyu diinterpretasikan sebagai pasir tufan yang memiliki nilai Vp 1,9-2,4 km/s.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lapisan berkecepatan tinggi dapat dimodelkan dengan metode seismik interferometri menggunakan data seismik pasif.
2. Penggunaan filter *bandpass* dengan frekuensi 3, 5, 15, 20 Hz menghasilkan penampang seismik yang lebih terlihat pola kemenerusan gelombangnya.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian lanjutan terkait penelitian ini adalah:

1. Penentuan nilai frekuensi filter bandpass untuk mendapatkan kemenerusan refraksi yang lebih jelas. Hal ini berdampak saat menentukan *delay time* pada tahap *picking first break*.
2. Penambahan jumlah *virtual source* agar lapisan terlihat lebih menerus pada model Vp.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

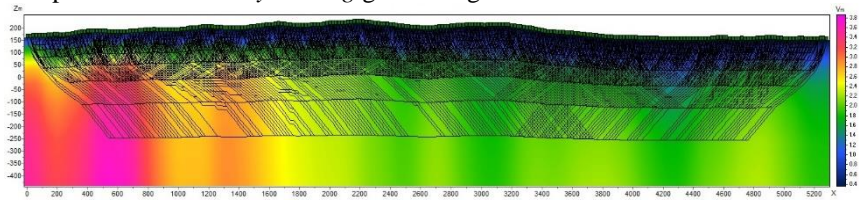
DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, H., Susanto, A.A., Laksono, H. dan Guntara, A.D. (2017), *Application of super-virtual refraction interferometry: A case study sub-volcanic in Majalengka Indonesia*, hal. 319–321.
- Bagus, R., Irshadibima, F. dan Warnana, D.D. (2017), *Pengolahan data seismik pada daerah batuan vulkanik*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Banuboro, A. (2017), *Desain Parameter Akuisisi Seismik 3D Untuk Eksplorasi Hidrokarbon Di Lingkungan*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Van Bemmelen, R.W. (1949), *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*.
- Claerbout, J.F. (1968), "Synthesis of a layered medium from its acoustic transmission response", *GEOPHYSICS*, Vol.33, No.2, hal. 264–269. <http://doi.org/10.1190/1.1439927>.
- Djuri (2011), *Peta Geologi Lembar Arjawinangun, Jawa*.
- F. McKee, K. (2012), *Using auto- and cross correlations from seismic noise to monitor velocity at villarrica volcano, chile*.
- Ghazalli, M., Widodo, A. dan Syaifuddin, F.S. (2016), "Pemodelan Data Seismik Lingkungan Vulkanik", *Jurnal Geosaintek*, Vol.2, No.2, hal. 113. <http://doi.org/10.12962/j25023659.v2i2.1925>.
- Haeni, F.P. (1986), "Application of seismic refraction methods in groundwater modeling studies in New England", *GEOPHYSICS*, Vol.51, No.2, hal. 236–249. <http://doi.org/10.1190/1.1442083>.
- Li, Y. dan Tang, D. (2005), "Background noise identification and attenuation using point receiver seismic data", *SEG Annual Meeting*, hal. 1–5.
- Muhammad, N.R. (2017), *Aplikasi dan pemodelan seismik interferometri*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nakata, N., Snieder, R., Tsuji, T., Larner, K. dan Matsuoka, T. (2011), "Shear wave imaging from traffic noise using seismic interferometry by cross-coherence", *GEOPHYSICS*, Vol.76, No.6, hal. SA97-SA106. <http://doi.org/10.1190/geo2010-0188.1>.
- Pryono, A. dan Tim Asisten (2004), *Modul Praktikum Metode Seismik I*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Satyana, A. (2015), *Subvolcanic Hydrocarbon Prospectivity of Java: Opportunities and Challenges*,.
- Schuster, G.T. (2001), "Theory of Daylight / Interferometric Imaging : Tutorial", *63rd Annual Conference, EAGE Extended Abstracts*, No.June, hal. A-032.
- Schuster, G.T., Yu, J., Sheng, J. dan Rickett, J. (2004), "Interferometric/daylight seismic imaging", *Geophysical Journal International*, Vol.157, No.2, hal. 838–852.

- <http://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2004.02251.x>.
- Sheriff, R.E. dan Geldart, L.P. (2006), *Exploration Seismology*, 2. ed., re., Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Uygun, O.E. (2016), *Comparison of different seismic filtering techniques on prestack inversion for penobscot area-nova scotia*,.
- Wapenaar, K., Draganov, D., Snieder, R., Campman, X. dan Verdel, A. (2010), "Tutorial on seismic interferometry: Part 1 — Basic principles and applications", *Geophysics*, Vol.75, No.5, hal. 75A195-75A209. <http://doi.org/10.1190/1.3457445>.
- Whiteley, R.J. dan Stewart, S.B. (2008), "Case studies of shallow marine investigations in Australia with advanced underwater seismic refraction (USR)", *Exploration Geophysics*, Vol.39, No.1, hal. 34. <http://doi.org/10.1071/EG08009>.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Ilustrasi *ray-tracing* gelombang seismik



Gambar 1. Jejak sinyal gelombang seismik

Lampiran 2. Script korelasi silang dan filtering

```
clear all
clc
close all
[seismic,ebcdic_header,binary_header]=read_segy_file_
legacy('MJK_1.sgy');clc;
% s_wplot(seismic);
clc
seismic=s_rm_trend(seismic,{'type','mean'},{'option',
'trace'});
% s_wplot(seismic);
clc
% seismic=s_resample    (sepismic,10);
% s_wplot(seismic);
clc
seismic=s_normalize(seismic,{'attribute','power'},{'v
alue','average'});
% s_wplot(seismic);
clc
seis2=seismic;
for i=2:20:262;

%1:length(seismic.headers);Progres=i/length(seismic.h
eaders)*100
    seis=seismic;
    a=seismic.traces(:,i);
    for j=1:length(seismic.headers);
        b=seismic.traces(:,j);
        if i<j
            c(:,j)= correlate(a,b,true);
        else
```

```

        c(:,j)= correlate(b,a,true);
    end
    seis.traces=c;
    %(1:round(length(c)/2),:);
end
seis=s_filter(seis,{'ormsby',3,5,15,20});
idx=(1:length(seismic.headers));Idx=idx-i;
% [B,Idx] = sort(abs(Idx));
[B,Idx] = sort((Idx));
seis.traces(:,idx)=seis.traces(:,Idx);
seis=s_select(seis,{'times',0,90000})
seis2.traces=flipud(seis.traces);
seis=s_select(seis,{'times',90000,180000})
seis2.traces= (seis2.traces+seis.traces)./2;
seis2=s_select(seis2,{'times',0,10000});

seis2=s_normalize(seis2,{'attribute','power'},{'value',
'average'});
    write_segy_file(seis2,['MJK_1_VS' num2str(i)
'.sgy']);clc
end

```

Lampiran 3. Script *stacking* data seismik

```

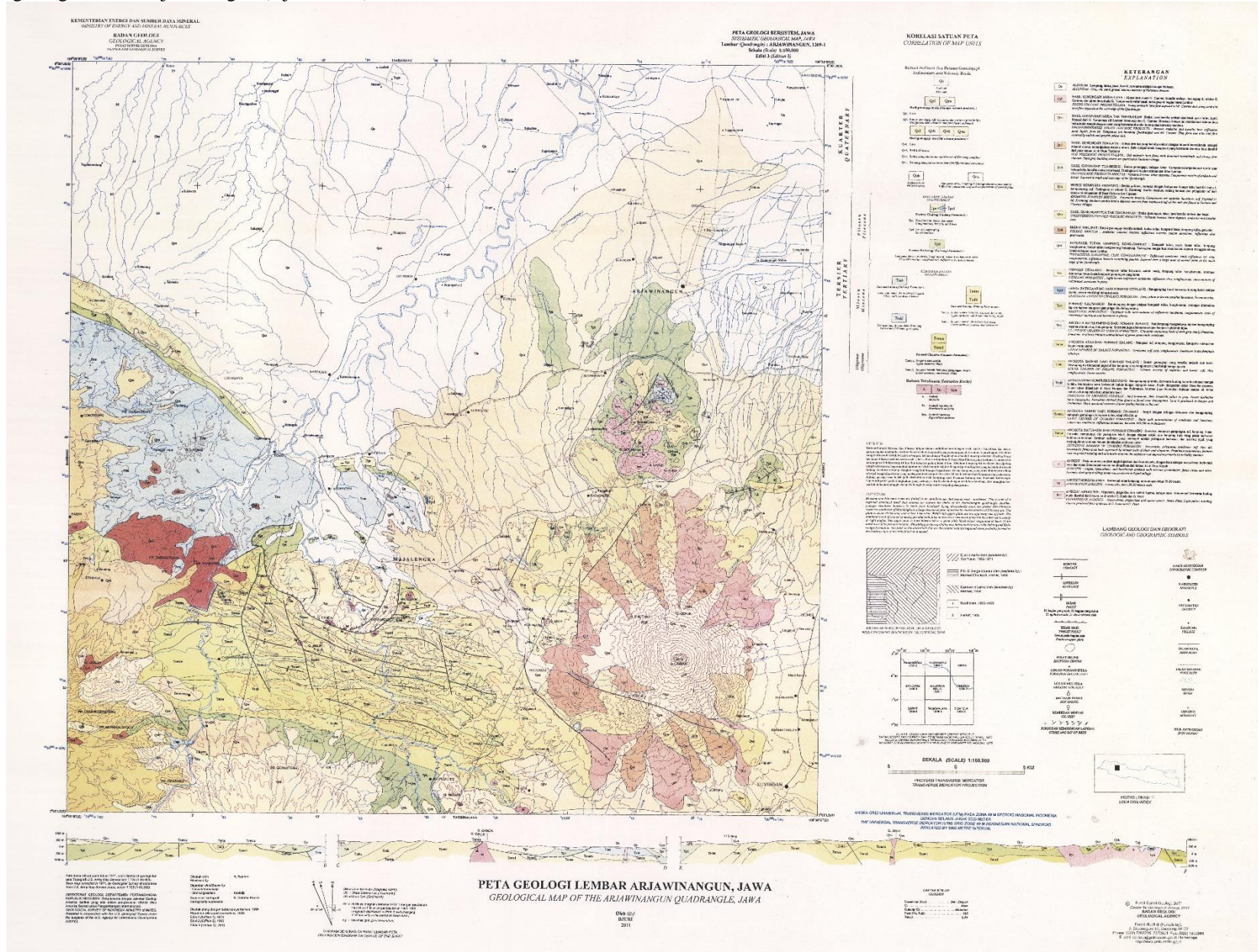
clear all
clc
close all
N=28;
[seismic]=read_segy_file_legacy(['MAJA_1_VS262.
sgy']);clc;
for i=1:N;
    [seis]=read_segy_file_legacy...
        (['MAJA_' num2str(i) '_VS262.sgy']);clc;
    seismic.traces=seismic.traces+seis.traces
end
    seismic.traces=seismic.traces./(N);

seismic=s_normalize(seismic,{'attribute','power'},{'v
alue','average'});
clc

write_segy_file(seismic,['MAJA_merged_VS262.sgy']);cl
c

```


Lampiran 3. Peta geologi lembar Arjawinangun (Djuri, 2011)



Gambar 2. Peta geologi lembar Arjawinanun

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PROFIL DIRI



Maria Juliana Gultom, lahir di Duri pada 23 Juli 1996, adalah anak keempat dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di TK Swasta Cendana Duri (2001-2002), SD Swasta Cendana Duri (2002-2008), SMP Swasta Cendana Duri (2008-2011), dan SMA Swasta Cendana Duri (2011-2014). Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan studinya di Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama studi di ITS, penulis aktif dalam beberapa organisasi yaitu Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM), organisasi kemahasiswaan, dan organisasi keprofesian. UKM yang diikuti adalah Paduan Suara Mahasiswa ITS. Penulis sempat menjadi staf departemen Pengembangan Sumber Daya Musikalitas periode 2015/2016 dan menjadi asisten pengajar sektional suara alto mahasiswa baru periode 2015/2016. Organisasi kemahasiswaan yang diikuti yakni Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS sebagai staf biro geopreneur periode 2015/2016 dan sekretaris departemen riset dan teknologi periode 2016/2017. Organisasi keprofesian yang diikuti adalah *Society of Exploration Geophysicists ITS Student Chapter* sebagai staf *event* periode 2015/2016 dan *Society of Petroleum Engineers ITS Student Chapter* sebagai staf *event* periode 2016/2017. Beberapa kepanitiaan yang diikuti yaitu koordinator sponsorship *Workshop IPEE* (2016), koordinator acara *career talk* SEG ITS SC, dan sekretaris kuliah lapangan terpadu (2017). Penulis juga aktif mengikuti kegiatan di luar kampus, seperti menjadi delegasi ITS pada Petrofest (2016), peserta poster PIT PAAI (2017), penulis paper “***Analysis of Geothermal Prospect in Batur Bali Through Satellite Landsat ETM+***” untuk *Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition* (2017), pembicara sekaligus penulis paper “***N-SPT and Transverse Resistance Correlation Using SPT and Geoelectric Data in Gunung Anyar***” untuk *EAGE-HAGI First Asia Pacific Meeting on Near Surface Geoscience and Engineering* (2018), dan mendapatkan penghargaan 2 medali emas dan 1 medali perak pada Lomba Paduan Suara Universitas Airlangga (2016). Pelatihan bidang geofisika yang pernah diikuti antara lain *petrophysics training* (2015) dan *Seismic Processing Training* di Pusat Studi Energi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (2017). Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di PT Jaya Energy Buana selama 1 bulan pada tahun 2017 dengan topik “**Pengolahan Data Seismik 2D dengan Menggunakan Migrasi Metode Kirchhoff Time dan Depth**” dan pengalaman sebagai asisten dosen mata kuliah analisa data well log selama 1 semester pada tahun 2018. Jika ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir penulis, dapat menghubungi mariagultom96@gmail.com.